

УДК 576.89 + 591.557

**ПАРАЗИТОФАУНА И СТРУКТУРА КОМПОНЕНТНЫХ  
СООБЩЕСТВ ПАРАЗИТОВ ГОЛЬЯНА *PHOXINUS PHOXINUS*  
(LINNAEUS, 1758) В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОТОКА  
НЕФТЬЮ**

© Г. Н. Доровских,<sup>1\*</sup> В. Г. Степанов<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup> Сыктывкарский государственный университет  
Октябрьский пр., 55, Сыктывкар, 167001  
E-mail: dorovskg@mail.ru  
Поступила 01.04.2015

Методом полного паразитологического вскрытия исследовано 238 экз. гольяна возраста 2+—3+ в июне 1992 г. и июле 1996 г. из 5 участков русла р. Колвы. Осуществлен сравнительный анализ паразитофауны и структуры компонентных сообществ паразитов гольяна из экологически благополучных и в разной мере загрязненных участков водоема. Показано, что на усиление загрязнения водоема бытовыми стоками, смывами удобрений с окрестных полей и дачных участков, стоками с животноводческих ферм (Доровских и др., 2005, 2008) и нефтью сообщество паразитов гольяна отвечает сменой вида доминанта, изменением величины суммы ошибок уравнений регрессии, характеризующих разброс значений биомасс формирующих сообщество видов, своей «графической» структуры, изменением значения индекса  $D_E'$ .

Доказано, что высокие концентрации биогенов действуют разрушающе на природные системы и в то же время инициируют процессы самоорганизации, ведущие к изменению структуры сообщества. С прекращением поступления в водоем даже части биогенов и некоторым восстановлением качества среды сообщество восстанавливает свою структуру.

**Ключевые слова:** гольян, *Phoxinus phoxinus*, рыба, паразиты, паразитофауна, компонентные сообщества.

Осенью 1994 г. на участке нефтепровода «Возей—Головные Сооружения» на территории Усинского р-на Республики Коми произошла крупная авария, связанная с утечкой нефти, приведшая к загрязнению нижних 80 км русла р. Колвы (правый приток р. Усы) и ее левых притоков. Это вызвало серьезные изменения среды обитания рыб и водных беспозвоночных. В 1995—1998 гг. была изучена первичная реакция рыбного населения и водных беспозвоночных на загрязнение поверхностных вод, в 2005—2007 гг. был изучен ответ сообществ водных организмов на меро-

приятия по ликвидации основных очагов загрязнений (Сообщества..., 2011). Однако реакция паразитов рыб на загрязнение водотока нефтью осталась за рамками проведенных работ.

Известно, что ихтиопаразиты — прекрасные индикаторы состояния водной среды (Ляйман, 1957; Шульман и др., 1974; Аникиева, 1982; Доровских, 1988; Куперман, 1992; Юнчис, Стрелков, 1997; Lewis et al., 2003; Williams, MacKenzie, 2003; Sures, 2004). Развитие учения об их сообществах позволило оценивать нарушения структуры гидробиоценозов и популяций рыб (Holmes, 1961, 1990; Holmes, Price, 1980, 1986; Kennedy, 1997; Пугачев, 1999, 2000, 2002; Доровских, 2002; Доровских и др., 2005—2008; Русинек, 2007). Согласно биотической концепции контроля среды, экологическое состояние должно определяться не по уровням абиотических факторов, а по комплексу биотических показателей (Абакумов, 1991; Левич, 1994; Булгаков, 2002; Левич и др., 2011; Булгаков и др., 2013), включая состояние сообществ паразитических организмов как составной части любой экосистемы (Банина, 1976; Аникиева, 1982; Юнчис, Стрелков, 1997; Беэр, 1997).

Для реализации биотического подхода необходим набор методов получения оценок состояния сообществ, с помощью которых можно было бы отличить экологически благополучную экосистему от экосистемы, в которой произошли существенные изменения, вызванные внешними, в первую очередь антропогенными, воздействиями. Тогда на некоторой шкале состояний сообществ можно будет установить границы стабильного существования экосистемы, т. е. таких пределов изменения биотических параметров, при которых экосистема «сохраняет свое лицо» (Абакумов и др., 2000). В перечень таких методов должен быть включен и метод паразитологический.

Сегодня наблюдается тенденция постепенного смещения акцентов от оценки качества воды как ресурса в сторону оценки качества водной среды как местообитания и далее в сторону оценки общего экологического состояния водных объектов (Revenga, Mock, 2000; Revenga et al., 2005; Баянов, 2013). О качестве водной среды с биологических позиций позволяет судить регистрация соответствующих аномальных состояний организма, популяции или сообщества (Овсянникова, Чуйко, 2013). При этом присутствие или отсутствие одного вида не может считаться индикатором состояния водоема, так как экологические условия загрязнения характеризуют лишь совокупность количественного и качественного состава биотопа (Тарзвелл, 1979).

Оценить состояние сообщества можно путем определения близости реального сообщества к сообществу репрезентативному для экосистем данного типа (Smoleński, 2001). В качестве последнего мы использовали характеристики компонентных сообществ паразитов гольяна из экологически благополучных участков р. Колвы, а также из бассейнов рек С. Двина, Печора и Кама (Доровских и др., 2008; Доровских, Степанов, 2011а, 2013а).

Исследование проведено на примере паразитов гольяна, что связано с широким распространением этого вида рыб, его многочисленностью, малыми размерами, достаточно богатым видовым составом паразитофауны и хорошей изученностью его паразитарных сообществ.

Цель исследования — рассмотреть особенности паразитофауны и компонентных сообществ паразитов гольяна из участков водотока, имеющих разную степень загрязнения нефтью.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сбор материала произведен по общепринятой методике в июне 1992 г. и июле 1996 г. из 5 участков русла р. Колвы, относящейся к бассейну р. Усы (правый приток нижнего течения р. Печоры). Участок «Водозабор» — самый верхний экологически чистый район, расположен на 1 км выше пос. Харьягинский (Ненецкий автономный округ, Заполярный р-н); участок русла реки напротив названного поселка ( $67^{\circ}09'$  с. ш.,  $56^{\circ}43'$  в. д.), находящегося в 167.3 км севернее г. Усинска, загрязняется коммунальными стоками; русло в районе устья ручья Синашор, расположенное на 5 км ниже по течению, имеет небольшое нефтяное загрязнение; в 130 км ниже по течению в районе устья ручья № 5 отмечено умеренное нефтяное загрязнение; на 48 км от устья р. Колвы в нее впадает ручей Безымянный, по которому нефть и сопутствующие поллютанты проникли в ее магистральное русло. В 1995 г., через несколько месяцев после аварии, содержание нефтепродуктов в низовьях р. Колвы, недалеко от устья последнего ручья, превышало ПДК в 85 раз на поверхности воды и в 500 — на глубине 2.5 м (Ерцев и др., 2000, цит. по: Лоскутова, 2008).

Гольян отловлен поплавочной удочкой. Сразу после вылова рыбу фиксировали в 10%-ном растворе формалина. На наличие паразитов просматривали и осадок из емкостей, в которых хранилась рыба до вскрытия. Даты отлова гольяна и объемы выборок указаны в табл. 1. Возраст рыбы 2+—3+, определен по чешуе и отолитам (Правдин, 1966).

Сравнение паразитофауны гольяна из разных участков водотока проведено по набору видов и их представленности в сборах с использованием индекса общности Чекановского—Сьеренсена в форме  $b$ , в котором исключено влияние различий в объеме сравниваемых коллекций (Песенко, 1982). Проверка влияния загрязнения нефтью водотока на величины численности и биомассы паразитов осуществлена посредством однофакторного дисперсионного анализа небольшой группы данных (Зайцев, 1984). Для сравнения значений индекса Шеннона применен критерий  $t_{st}$  (Мэгаран, 1992).

Анализ динамики экологического благополучия или напряженности в сообществе паразитов основан на предложенном индексе оценки преобладающей жизненной стратегии видов  $D_E'$  сообществ зообентоса (Денисенко и др., 2013).

$$D_E' = H'_{spB} / H'_{spB \max} - H'_{spA} / H'_{spA \max} = (H'_{spB} - H'_{spA}) / \log(N),$$

где  $H'_{spB}$  — индекс разнообразия видов (Шеннона) по биомассе,  $H'_{spA}$  — индекс разнообразия видов (Шеннона) по количеству особей,  $N$  — количество видов в выборке.

Индекс  $D_E'$  представляет собой разность информационных оценок выравнинностей для видов конкретного сообщества по количеству особей и

Таблица 1  
Паразитофауна голяна из р. Колва  
Table 1. Parasite fauna of minnow in Kolva River

Вид паразита	Участок русла реки		Русло реки в районе устья ручья		
	Водозабор 26.07.1996 n = 29	Пос. Харь- гинский 27.06.1992 n = 80	Синашор 29.07.1996 n = 31	№ 5 21.07.1996 n = 68	Безымян- ный 22.07.1996 n = 30
<i>Thelohanellus oculileucis</i> (Trojan, 1909)	6 (19.3)	21 (4.0)	13 (18.0)	—	10 (6.3)
<i>T. pvriformis</i> (Thelohan, 1892)	3 (2.6)	—	—	—	—
<i>Myxidium macrocapsulare</i> Auerbach, 1910	—	1 (0.2)	—	—	—
<i>Myxobolus lomi</i> Donec et Kulakowskaja, 1962	3 (2.0)	8 (0.4)	3 (0.4)	6 (2.4)	4 (0.7)
<i>M. muelleri</i> Butschli, 1882	3 (0.2)	—	—	—	—
<i>M. musculi</i> Keysselitz, 1908	—	—	1 (0.4)	2 (0.6)	—
<i>Dactylogyrus borealis</i> Nybelin, 1936	—	3 (0.1)	3 (0.2)	6 (0.4)	6 (0.8)
<i>Pellucidhaptor merus</i> (Zaika, 1961)	1 (0.1)	—	—	2 (0.03)	—
<i>Gyrodactylus aphyae</i> Malmberg, 1957	2 (0.1)	8 (0.3)	2 (0.1)	6 (0.1)	5 (0.2)
<i>G. macronychus</i> Malmberg, 1957	2 (0.13)	2 (0.10)	1 (0.1)	—	4 (0.1)
<i>G. laevis</i> Malmberg, 1957	1 (0.04)	—	3 (0.2)	—	—
<i>G. limneus</i> Malmberg, 1964	1 (0.04)	3 (0.2)	1 (0.03)	—	—
<i>G. pannonicus</i> Molnar, 1968	—	1 (0.04)	—	—	—
<i>G. magnificus</i> Malmberg, 1957	—	—	4 (0.3)	1 (0.02)	—
<i>Diplostomum phoxini</i> Faust, 1918 larvae	15 (15.0)	40 (3.8)	12 (9.6)	15 (11.4)	15 (10.5)
<i>Rhipidocotyle campanula</i> (Dujardin, 1845) larvae	12 (3.6)	42 (13.0)	15 (4.5)	12 (4.8)	15 (5.3)
<i>Phyllodistomum folium</i> (Olbers, 1926)	—	2 (3.0)	1 (0.07)	—	—
<i>P. elongatum</i> Nybelin, 1926	3 (0.2)	—	—	—	—
<i>Allocreadium isoporum</i> (Olbers, 1926)	3 (0.4)	—	—	—	—
<i>Rhabdochona phoxini</i> Moravec, 1968	7 (3.0)	—	2 (0.07)	—	—
<i>Raphidascaris acus</i> (Bloch, 1779) larvae	9 (1.6)	24 (0.6)	13 (3.2)	12 (2.2)	—
<i>Neoechinorhynchus rutili</i> (Müller, 1780)	—	5 (0.2)	—	3 (0.4)	3 (0.2)
<i>Unionidae</i> gen. sp.	—	—	15 (5.0)	—	—
<i>Argulus coregoni</i> Thorell, 1864	4 (0.2)	5 (0.2)	5 (0.4)	9 (0.7)	14 (0.8)

Примечание. За скобками — число зараженных данным видом паразита рыб; в скобках — индекс обилия.

по биомассе. В основе механизма работы индекса лежат выводы Пианка (Pianka, 1970) о соотношении степеней доминирования г- и К-стратегов в видовых сообществах, подверженных и неподверженных экологическому стрессу, а также метод ABC-кривых Уорвика (Warwick, 1986).

Показатель  $D_E'$ , будучи безразмерным, изменяется в интервале между  $-1$  и  $+1$  при критическом переходном значении  $0$ . Значения, близкие к  $-1$ , указывают на полное отсутствие стресса, что соответствует К-стратегии, значения, близкие к  $+1$ , — на наличие сильного стресса, что соответствует г-стратегии (Денисенко и др., 2013).

Терминология, расчеты индексов и метод построения графиков, отражающих структуру компонентного сообщества паразитов, изложены в предыдущих публикациях (Пугачев, 1999; Доровских и др., 2007; Доровских, Степанов, 2009а, б).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Всего у гольяна из р. Колвы нашли 24 вида паразитов (табл. 1). Их число у рыбы из разных участков водотока колеблется от 9 до 16 видов. Паразитофауна гольяна из исследованных мест статистически различна (табл. 2). Наибольшее число видов паразитов обнаружено у хозяина из самого верхнего, экологически благополучного участка реки и из района устья ручья Синашор, где имеется небольшое нефтяное загрязнение. У гольяна из всех обследованных участков реки найдены *Muxobolus lomi* Donec et Kulakowskaja, 1962, *Gyrodactylus aphyae* Malmberg, 1957, *Diplostomum phoxini* Faust, 1918, *Rhipidocotyle campanula* (Dujardin, 1845), *Argulus coregoni* Thorell, 1864, возможно, образующие ядро его паразитофауны. В 4 пунктах зарегистрированы *Thelohanellus oculileucisci* (Trojan, 1909), *Dactylogyrus borealis* Nybelin, 1936, *G. macronychus* Malmberg, 1957, *Raphidascaris acus* (Bloch, 1779). В 3 пунктах присутствуют *G. laevis* Malmberg, 1957 и *Neoechinorhynchus rutili* (Müller, 1780). Остальные виды отмечены в 1—2 пунктах. В составе паразитофауны гольяна из р. Колвы не обнаружены инфузории и цестоды.

Обеднение паразитофауны наблюдается в направлении от верхних участков реки к нижним. В наиболее загрязненных нижних пунктах уменьшается число специфичных для гольяна видов паразитов, возрастает доля видов, активно заражающих хозяина. Наибольшая представленность метациркариев *D. phoxini* и *R. campanula* отмечена в составе паразитофауны этого вида рыб в районе устья ручья № 5.

Рассмотрим характеристики компонентных сообществ паразитов гольяна из разных участков р. Колвы (табл. 3). Поскольку объемы выборок рыб разнятся, то сделан расчет числа особей и биомассы паразитов, приходящихся на одну исследованную особь хозяина (табл. 3). Наиболее низкие значения указанных показателей пришлось на гольяна, отловленного из русла реки в районе пос. Харьягинск. Здесь материал взят в конце июня, в других участках реки — в конце июля. Принимая во внимание результаты изучения сезонной динамики паразитофауны и структуры компонентных сообществ паразитов гольяна из других рек Северо-Востока европейской части России (Доровских, Голикова, 2004; Доровских, Степанов, 2009а,

Таблица 2

Достоверность различий паразитофауны гольяна из разных участков р. Колвы  
 Table 2. The significance level of differences between parasite fauna of the minnow  
 in different parts of the Kolva River

Пункт отлова рыбы	Участки русла р. Колва			
	Напротив пос. Харьгин- ский	Устье ручья Синашор	Устье ручья № 5	Устье ручья Безымянный
Участок русла реки «Водозабор»	$0.640 \pm 0.079$ 8.955	$0.308 \pm 0.082$ 16.635	$0.607 \pm 0.109$ 7.081	$0.655 \pm 0.110$ 5.950
Река напротив пос. Харьгинский	—	$0.336 \pm 0.0551$ 23.463	$0.604 \pm 0.100$ 7.765	$0.629 \pm 0.049$ 14.840
Устье ручья Синашор	—	—	$0.330 \pm 0.081$ 16.302	$0.440 \pm 0.096$ 11.429
Устье ручья № 5	—	—	—	$0.745 \pm 0.118$ 4.229

Примечание. В числителе значение индекса общности Чекановского—Сьеренсена в форме  $b$  и его ошибка; в знаменателе —  $t_{st}$  (пороговое значение 3.291).

2011а, б), можно заключить, что сообщества паразитов в июне и июле находятся на разных стадиях развития. В связи с этим сравнительный анализ численности и биомассы паразитов у гольяна из разных участков реки рассмотрим без данных, полученных в июне 1992 г.

Паразитарные сообщества гольяна в конце июля по числу особей паразитов, их биомассе и по значениям индексов Шеннона, рассчитанных по числу особей паразитов, разбиваются на две группы. Первая включает паразитарные сообщества из районов «Водозабор» и устье ручья Синашор, вторая — из отрезков русла р. Колвы, куда впадают ручьи № 5 и Безымянный. Группа 1 — это сообщества из экологически чистого участка реки и района с небольшим нефтяным загрязнением, 2 — из мест с умеренным и значительным загрязнением нефтью. Величины индексов Шеннона, рассчитанные по значениям числа особей паразитов внутри указанных пар, статистически не различаются, тогда как между сообществами из разных пар различия достоверны (табл. 4). Значимые различия индексов Шеннона, рассчитанных по величинам биомасс, отмечены только для сообществ из мест впадения в реку ручьев Синашор и № 5. Уменьшение числа особей паразитов ( $F = 6574.2$ ;  $v_1 = 1$ ;  $v_2 = 2$ ;  $P \ll 0.001$ ), их биомассы ( $F = 34.6$ ;  $v_1 = 1$ ;  $v_2 = 2$ ;  $P \ll 0.05$ ) и доли автогенных видов (по числу особей:  $F = 387.5$ ;  $v_1 = 1$ ;  $v_2 = 2$ ;  $P \ll 0.01$ ; по биомассе:  $F = 45.3$ ;  $v_1 = 1$ ;  $v_2 = 2$ ;  $P \ll 0.05$ ) в составе паразитарных сообществ из загрязненных районов статистически значимо. Изменение долей видов специалистов и генералистов недостоверно (по числу особей:  $F = 4.9$ ;  $v_1 = 1$ ;  $v_2 = 2$ ;  $P \gg 0.05$ ; по биомассе:  $F = 3.4$ ;  $v_1 = 1$ ;  $v_2 = 2$ ;  $P \gg 0.05$ ).

В компонентных сообществах паразитов исследованного гольяна лидируют аллогенные виды и виды генералисты.

Таблица 3  
Характеристики компонентных сообществ паразитов гольяна  
Table 3. Characteristics of the parasite component communities of the minnow

Показатели	Участок русла реки		Русло реки в районе устья ручья		
	Водозабор	Харья-гинск	Синашор	№ 5	Безымян-ный
Исследовано рыб	29	80	31	68	30
Общее число видов паразитов	16	14	16	11	9
Общее число особей паразитов	1161	667	1315	1567	746
Общее значение условной биомассы	308.1	174.9	299.3	386.7	198.9
Количество автогенных видов	15	13	15	10	8
Количество аллогенных видов	1	1	1	1	1
Доля особей автогенных видов	0.690	0.852	0.774	0.505	0.578
Доля биомассы автогенных видов	0.821	0.914	0.848	0.693	0.757
Доля особей аллогенных видов	0.310	0.148	0.226	0.495	0.422
Доля биомассы аллогенных видов	0.179	0.086	0.152	0.307	0.243
Количество видов-специалистов	8	7	9	6	5
Доля особей видов-специалистов	0.421	0.192	0.257	0.622	0.495
Доля биомассы видов-специалистов	0.404	0.122	0.184	0.436	0.309
Количество видов-генералистов	8	7	7	5	4
Доля особей видов-генералистов	0.579	0.808	0.743	0.378	0.505
Доля биомассы видов-генералистов	0.596	0.878	0.816	0.564	0.691
Доминантный вид по числу особей	<i>T. oculileucisci</i>	<i>R. campanula</i>	<i>T. oculileucisci</i>	<i>D. phoxini</i>	<i>D. phoxini</i>
Доминантный вид по значению биомассы	То же	То же	То же	То же	<i>T. oculileucisci</i>
Характеристика доминантного вида	г/ав	г/ав	г/ав	с/ал	с/ал; г/ав
Индекс Бергера-Паркера по числу особей	0.397	0.507	0.424	0.495	0.422
Индекс Бергера-Паркера по биомассе	0.412	0.531	0.513	0.307	0.261
Выравненность видов по числу особей	0.596	0.575	0.595	0.632	0.664
Выравненность видов по биомассе	0.623	0.584	0.573	0.742	0.767
Индекс Шеннона по числу особей	1.654	1.518	1.649	1.513	1.458
Индекс Шеннона по значениям биомассы	1.729	1.540	1.588	1.779	1.686

Таблица 3 (продолжение)

Показатели	Участок русла реки		Русло реки в районе устья ручья		
	Водозабор	Харья-гинск	Синашор	№ 5	Безымянный
Ошибка уравнений регрессии	0.260	0.162	0.229	0.325	0.417
Число особей паразитов на 1 особь хозяина	40.0	8.3	42.4	23.1	24.9
Значение биомассы паразитов на 1 особь хозяина	10.6	2.2	9.6	5.7	6.6
Индекс $D_E'$	0.062	0.019	-0.051	0.255	0.239

Примечание. ав — автогенный вид; ал — аллогенный вид; г — вид-генералист; с — вид-специалист; *T. oculileucisci* — *Thelohanelus oculileucisci*; *D. phoxini* — *Diplostomum phoxini*.

Сообщества паразитов гольяна из р. Колвы характеризуются низкими величинами индексов доминирования и выравненности видов по обилию, высокими — индексов Шеннона, т. е., подобно сообществам его паразитов из бассейнов рек Кама, С. Двина (Доровских, Степанов, 2013а) и среднего течения р. Печоры (Доровских, Степанов, 2011а), являются зрелыми (сбалансированными) (по: Пугачев, 1999). Однако разница в значениях индексов видового разнообразия, рассчитанных по числу особей паразитов и их биомассе у сообществ паразитов из русла реки в районах устьев ручьев № 5 и Безымянный, значительно выше, чем у таковых из других мест (табл. 3).

Исследованные участки реки хорошо различаются по величине  $D_E'$ . Изменение значений индекса происходит закономерно сверху вниз, соответственно степени загрязнения соответствующих пунктов района наблюдений

Таблица 4

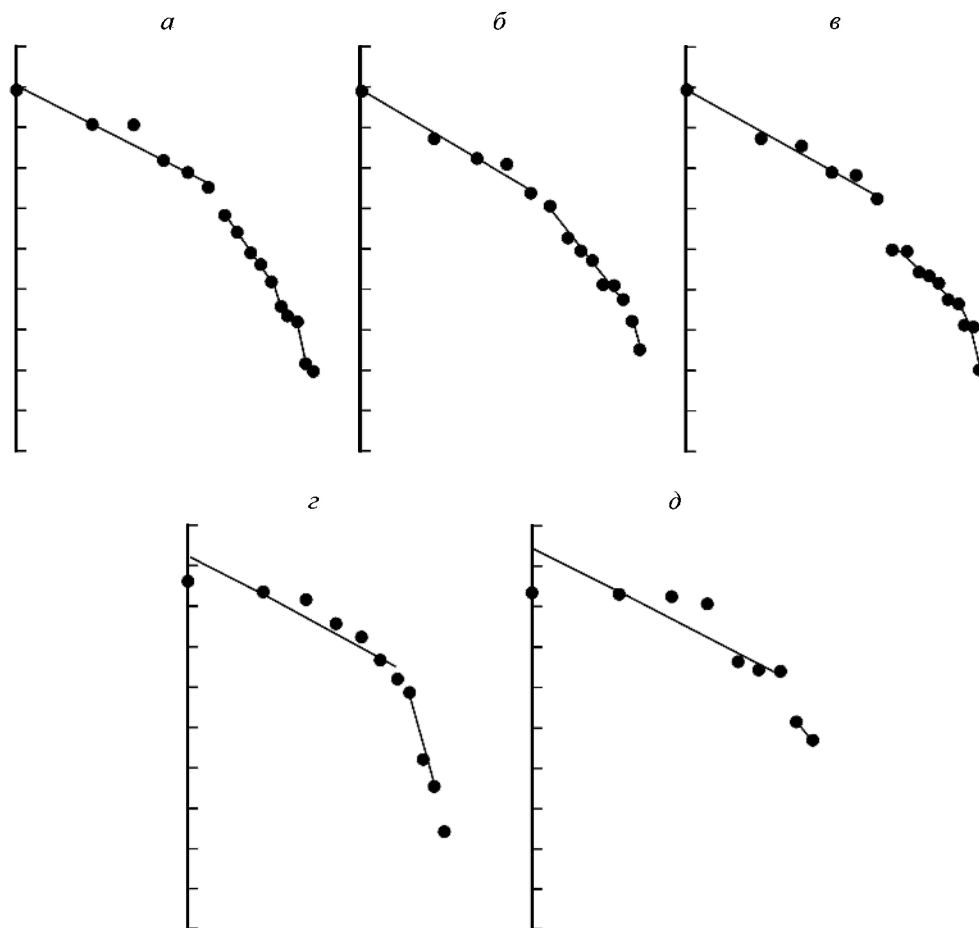
Достоверность различий значений индекса Шеннона, характеризующего сообщества паразитов гольяна из разных участков р. Колвы

Table 4. Reliability of differences in the value of the Shannon index characterizing parasite communities of the minnow in different parts of the Kolva River

Места сбора материала		Значения индекса рассчитаны по значениям биомассы паразитов			
		Участок «Водозабор»	Устье ручья Синашор	Устье ручья № 5	Устье ручья Безымянный
Значения индекса получены по числу особей паразитов	Участок «Водозабор»		$\frac{1.606}{> 0.05}$	$\frac{0.528}{>> 0.05}$	$\frac{0.595}{>> 0.05}$
	Устье ручья Синашор	$\frac{0.119}{>> 0.05}$		$\frac{2.500}{< 0.05}$	$\frac{1.207}{> 0.05}$
	Устье ручья № 5	$\frac{3.559}{< 0.001}$	$\frac{3.675}{< 0.001}$		$\frac{1.574}{> 0.05}$
	Устье ручья Безымянный	$\frac{4.339}{<< 0.001}$	$\frac{4.442}{<< 0.001}$	$\frac{1.361}{> 0.05}$	

Примечание. В числителе — значение индекса  $t_{st}$ ; в знаменателе — Р.





Вариационные кривые условных биомасс паразитов гольяна из р. Колва.

На всех графиках: по оси абсцисс — натуральные логарифмы порядковых номеров последовательных (по значениям условных биомасс) членов ряда; по оси ординат — натуральные логарифмы значений условных биомасс видов паразитов, образующих компонентное сообщество. Прямые, параллельные оси абсцисс — теоретически рассчитанные критические уровни. Участок русла р. Водозабор: *а* — отлов 26.07.1996; напротив пос. Харьягинский: *б* — 27.06.1992; устье ручья Синашор: *в* — 29.07.1996; устье ручья № 5: *г* — устье ручья Безымянный: *д* — 22.07.1996.

Variation curves of conditional biomass values of minnow parasites in the Kolva River.

(табл. 3). Сообщества паразитов в верхних трех станциях отбора проб, имеющие индексы  $D_E'$ , близкие 0, подверглись небольшому стрессу, оставшиеся два — сильному.

В сообществах паразитов гольяна из русла водотока в районах «Водозабор», пос. Харьягинск, устья ручьев Синашор и № 5 по соотношению биомасс выделяется по 3 группы видов, в районе устья ручья Безымянный — 2 (см. рисунок). Состав этих групп в разных сообществах различен.

Первая группа в сообществе паразитов из русла реки в пункте «Водозабор» состоит из 6 видов. Из мест напротив пос. Харьягинск и устья ручья Синашор из 5—6, в районе устья ручья № 5 — 7—8, ручья Безымянный — 7 видов. Вторая группа в первых трех сообществах образована 6—7 видами, в сообществе из района устья ручья № 5 — тремя, на участке устья

руч. Безымянный — двумя видами. Третья группа в первом сообществе включает 4 вида, во втором — 2, в третьем — 3, в четвертом — 1 вид. У сообщества паразитов из района устья ручья Безымянный эта группа отсутствует.

В паразитарных сообществах из русла реки в пунктах «Водозабор» и устье ручья Синашор по численности и биомассе доминирует автогенный генералист *T. oculileucisci*, напротив пос. Харьягинск — автогенный генералист *R. campanula*, в районе устья ручья № 5 — аллогенный специалист *D. phoxini*. В паразитарном сообществе из участка водотока напротив устья ручья Безымянный по биомассе доминирует *T. oculileucisci*, по численности — *D. phoxini*. В первом сообществе паразитов в группе доминантов вторым по биомассе является *Rhabdochona phoxini* Moravec, 1968, третьим — *D. phoxini*, четвертым — *R. campanula*, завершают ряд два вида миксоспоридий; во втором сообществе за лидером следует *T. oculileucisci*, далее идут *Phyllodistomum folium* (Olbers, 1926), *D. phoxini*, *A. coregoni*; в третьем — *D. phoxini*, *R. campanula*, *A. coregoni*, *Unionidae* gen. sp., *R. acus*; в четвертом — *R. campanula*, *A. coregoni*, *M. lomi*, *N. rutili*, *R. acus*; в пятом — *D. phoxini*, *R. campanula*, *A. coregoni*.

Итак, общими для первой группы видов анализируемых сообществ паразитов гольяна являются *D. phoxini* и *R. campanula*. В четырех сообществах в состав этой группы видов еще входят *A. coregoni* и *T. oculileucisci*. Исключение составили сообщества паразитов из русла реки в районах «Водозабор» и устье ручья № 5. В первом из них рачок отмечен в составе 2-й группы видов, во втором отсутствует *T. oculileucisci*.

Таким образом, по мере движения по руслу реки от района «Водозабор» к устью ручья Безымянный число видов паразитов в составе сообществ уменьшается. Большая часть оставшихся видов концентрируется в первой группе, значения их биомасс существенно отклоняются от прямой регрессии (см. рисунок). Последнее заметно по росту сумм ошибок уравнений регрессии, характеризующих разброс величин биомасс видов в составе паразитарного сообщества (табл. 3).

У гольяна из районов устьев ручьев № 5 и Безымянный, т. е. в наиболее загрязненных участках водотока, в полости тела и стекловидном теле глаза найдены развитые особи *R. campanula*. Эти черви были без цист. Длина их тела 0.70—0.86 мм, ротовая присоска 0.16—0.19 × 0.15—0.16, глотка 0.06 × 0.06, передний семенник 0.09—0.11 × 0.09—0.11, задний 0.1—0.11 × 0.08—0.10 мм. Размеры найденных особей совпадают с размерами взрослых трематод (Определитель..., 1987). Эти гельминты в норме паразитируют у гольяна на стадии метацеркария. Наблюдаемое явление, возможно, говорит о сокращении в указанном районе численности хищных рыб, которые служат окончательным хозяином для этой двуустки. Метацеркарии, долго находясь в промежуточном хозяине, практически достигают зрелости. Видимо, имеет место явление прогенеза. Подобное иногда наблюдают у паразитов, находящихся в крупных, недоступных хищникам, рыбах. Так, во время работы на Ладожском озере у лососей были найдены плероцеркоиды *Diphylllobothrium* sp. тип «С» длиной 50 мм с ясным расчленением тела. Задние членики червей имели зачатки половой системы (Барышева, Бауер, 1948). Взрослая стадия этих лентецов — паразит рыбоядных птиц.

Воздействие нефти сказалось не только на паразитах, паразитофауне и структуре компонентных сообществ, но и на состоянии организма гольяна. У рыбы из района устья ручья Синашор, где отмечено небольшое нефтяное загрязнение, наблюдали усиление отделения кожными покровами слизи, а у 4.4 % обследованных рыб из участка реки напротив устья ручья № 5 имелись поражения кожных покровов в виде овальных язв с ровными краями. Ранки располагались в области брюшных плавников, имели размеры  $2.3 \times 3.3$  мм, глубину до 0.5 мм. Ранки кровоточили. Происходил лизис эпителиальных и мышечных тканей, из язв виднелись концы ребер. У других экземпляров гольяна имелись разрастания кожных покровов в виде шаровидных образований в области анального плавника.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные позволяют сделать вывод о нарушении гидробиоценоза р. Колвы в нижнем участке проведения работ.

В направлении от верхних, экологически благополучных, отрезков водотока к нижним, наиболее загрязненным, отмечено обеднение видового состава паразитофауны гольяна, при сохранении ядра видов, уменьшение числа специфичных паразитов, увеличение доли видов, активно заражающих хозяина, падение числа особей паразитов, их биомассы и доли автогенных видов (соответственно повышение доли аллогенных видов) в составе его паразитарных сообществ. В сообществах паразитов из верхних 4 пунктов реки по соотношению биомасс выделяется по 3 группы видов, в районе устья ручья Безымянный — 2. В последнем случае паразитарное сообщество имеет 2 вида-доминанта по численности и биомассе. Нарушается правильность расположения точек, символизирующих на рисунках отдельные виды. Последние как бы стремятся занять в сообществе лидирующее положение, ведущее к их перераспределению по группам и отклонению от прямой регрессии, что заметно по росту значений сумм ошибок уравнений регрессии, характеризующих разброс величин биомасс видов в составе паразитарного сообщества. У сообществ из двух нижних участков водотока отмечена значительно более высокая разница в величинах индексов видового разнообразия, рассчитанных по числу особей паразитов и их биомассе, зарегистрировано увеличение значений показателя  $D_E'$ .

Негативное влияние загрязнения водоема сырой нефтью и нефтепродуктами на состав паразитофауны рыб и структуру их паразитарных сообществ наблюдали и ранее (Ляйман, 1957; Доровских, 1996; Герман, 2006).

В отличие от вышеперечисленных критериев использование индексов видового разнообразия, используемых для описания сообществ паразитов с целью оценки состояния гидробиоценоза, проблематично, поскольку их абсолютные значения зависят не только от степени загрязнения водоема (Доровских и др., 2005, 2008), но и от его географического положения (Доровских, Степанов, 2013а, б), сезона года (Доровских, Голикова, 2004; Доровских, Степанов, 2009а, 2011а, б), физиологического состояния организма хозяина (Доровских и др., 2006), его возраста (Доровских, Степанов, 2007, 2008), порой и от его половой принадлежности (Доровских,

2014), других факторов. На это обращал внимание и Пугачев (1999, 2000, 2002).

Ранее показано, что для оценки состояния сообществ индекс Шеннона и другие индексы разнообразия мало пригодны (Воробейчик и др., 1994). Одно и то же их значение может наблюдаться при различных, порой прямо противоположных состояниях гидробиоценоза, а «здоровой» экосистеме могут соответствовать различные уровни видового разнообразия (Булгаков, 2002).

В то же время установлено (Доровских, 2002, 2005; Доровских и др., 2007; Доровских, Степанов, 2011в), что компонентные сообщества паразитов разных видов пресноводных рыб образованы по единому принципу, а именно путем согласования отношений биомасс формирующих их видов. На воздействие загрязняющих веществ сообщество реагирует перестройкой своей структуры, уменьшая согласованность отношений биомасс видов. На начальных этапах нарушения гидробиоценоза в компонентном сообществе паразитов рыб появляются виды, точки условных биомасс которых не ложатся на соответствующие отрезки прямой линии. При значительной деградации гидробиоценоза наблюдается уменьшение числа групп паразитов и в первой из них нарушается правильность в расположении точек условных биомасс видов, входящих в эту группу, часто меняется вид-доминант, иногда их становится 2, по численности и биомассе (Доровских, 2002; Доровских, Голикова, 2004; Доровских и др., 2005, 2008).

Для получения достоверной картины состояния гидробиоценоза или популяции хозяина сбор материала рекомендовано проводить в период сформированного состояния сообщества. Такое сообщество характеризуется максимальным видовым разнообразием. Виды в нем представлены зрелыми особями и личиночными стадиями паразитов, использующих рыбу как промежуточного хозяина. Оно отличается наличием в структуре, выделенной по соотношению условных биомасс составляющих его видов, 3 групп паразитов. Величина суммы ошибок уравнений регрессии, описывающих расположение точек биомасс этих видов, менее 0.250 (Доровских, 2002; Доровских, Голикова, 2004). С уверенностью оценивать состояние среды или популяции хозяина можно только по сообществам паразитов взрослых рыб примерно одного возраста, размера, физиологического состояния, отловленных одновременно (Доровских, 2002; Доровских, Степанов, 2009б).

Итак, реакция паразитофауны и паразитарных сообществ на загрязнение водотока нефтью, а также бытовыми стоками, смывами удобрений с сельскохозяйственных полей и дачных участков, при попадании в него вод с животноводческих ферм (Доровских и др., 2005, 2008) одинакова и носит неспецифический характер, отличаясь степенью своей выраженности в зависимости от силы (концентрации) и продолжительности воздействия соответствующего загрязнителя.

Приведенные и опубликованные данные позволяют заключить, что высокие концентрации загрязняющих веществ действуют разрушающе на природные системы и в то же время инициируют процессы самоорганизации, ведущие к изменению структуры сообщества. С прекращением поступления в водоем даже части этих загрязнителей и некоторым восстановлением качества среды сообщество восстанавливает свою структуру

(Доровских и др., 2005, 2008). Действительно, спустя 10 лет после аварийного разлива нефти структура донных сообществ р. Колвы приблизилась к естественной (Лоскутова, 2008; Сообщества ..., 2011). Показатели развития бентоса стали близки к таковым, зарегистрированным еще до развития в регионе нефтедобывающей промышленности (Попова, 1962).

Результаты работы в целом подтвердили выявленные ранее закономерности для паразитофауны рыб в зонах действия отходов разных отраслей народного хозяйства. Показана и однотипность реакций компонентных сообществ паразитов гольяна на воздействие широкого круга загрязнителей.

### Список литературы

- Абакумов В. А. 1991. Гидробиологический мониторинг поверхностных вод. Гидробиологический журнал. 27 (3): 3—8.
- Абакумов В. А., Булгаков Н. Г., Левич А. П., Мамихин С. В., Никитина Е. П., Никулин В. А., Сухов С. В. 2000. Аналитическая информационная система «Экология пресных вод России» как инструмент биологических исследований. Вестн. МГУ, Сер. Биология. 2: 38—42.
- Аникиева Л. В. 1982. Влияние сточных вод Сегежского целлюлозно-бумажного комбината на гельминтофауну рыб Выгозера. В кн.: Экология паразитических организмов в биоценозах Севера. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР. 83—94.
- Барышева А. Ф., Бауер О. Н. 1948. Распространение плероцеркоидов *D. latum* в рыбах Ладожского озера. Бюл. рыбного хозяйства Карело-Финской ССР. 1(3): 44—46.
- Банина Н. Н. 1976. Апиозомы как паразитические организмы. Изв. ГосНИОРХ. 105: 58—468.
- Баянов Н. Г. 2013. ООПТ и совершенствование мониторинга водных экосистем в России. Астраханский Вестник экологического образования. 4 (26): 82—88.
- Беэр С. А. 1997. Основы паразитологического мониторинга. В кн.: Мониторинг биоразнообразия. М.: Ин-т проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН. 189—194.
- Булгаков Н. Г. 2002. Индикация состояния природных экосистем и нормирование факторов окружающей среды. Обзор существующих подходов. Успехи современной биологии. 122 (2): 115—135.
- Булгаков Н. Г., Левич А. П., Барабаш А. Л., Юзбеков А. К. 2013. Демография и заболеваемость в регионах России как показатели экологического состояния территорий. Безопасность в техносфере. 1 (январь—февраль). 53—63.
- Воробейчик Е. Л., Садыков О. Ф., Фарафонов М. Г. 1994. Экологическое нормирование техногенных загрязнений. Екатеринбург: Наука. 280 с.
- Герман Ю. К. 2006. Структура сообществ паразитов непромысловых рыб в водоемах и водотоках бассейна реки Енисей. Дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ. 167 с.
- Денисенко С. Г., Барбашова М. А., Скворцов В. В., Беляков В. П., Курашов Е. А. 2013. Результаты оценки экологического благополучия сообществ зообентоса по индексу «разности выравнинностей» ( $D_E'$ ). Биология внутренних вод. 1: 46—55.
- Доровских Г. Н. 1988. Паразиты рыб бассейна среднего течения реки Вычегды (фауна, экология, зоогеография): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л. 25 с.
- Доровских Г. Н. 1996. Наблюдения над паразитами рыб водоемов, расположенных вблизи и в черте городов северо-востока европейской части России. В кн.: Сопровождение Паразитологического общества при РАН «Паразитологические проблемы больших городов». Тез. докл. СПб. 31.
- Доровских Г. Н. 2002. Паразиты пресноводных рыб северо-востока европейской части России (фауна, экология паразитарных сообществ, зоогеография): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб. 50 с.

- Доровских Г. Н. 2005. Компонентные сообщества паразитов пескаря (*Gobio gobio*) из бассейнов рек Северная Двина и Мезень. Паразитология. 39 (3): 221—236.
- Доровских Г. Н. 2014. Влияние пола гольяна *Phoxinus phoxinus* L. на состав паразитофауны и структуру компонентного сообщества паразитов. Паразитология. 48 (4): 270—283.
- Доровских Г. Н., Голикова Е. А. 2004. Сезонная динамика структуры компонентных сообществ паразитов гольяна речного *Phoxinus phoxinus* (L.). Паразитология. 38 (5): 413—425.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г. 2007. Возраст хозяина и структура компонентных сообществ паразитов у гольяна речного *Phoxinus phoxinus* (L.). Паразитология. 41 (4): 284—298.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г. 2008. Изменение структуры компонентных сообществ паразитов с возрастом хозяина. Экология. 39 (3): 227—232.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г. 2009а. Сезонная динамика структуры сообщества паразитов гольяна *Phoxinus phoxinus* (L.) в бассейне верхнего течения реки Северная Двина. Рыбоводство и рыбное хозяйство. 3: 33—43.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г. 2009б. Методы сбора и обработки ихтиопаразитологических материалов (уч. пос.). Сыктывкар: Сыктывкарский госуниверситет. 131 с.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г. 2011а. Сезонная динамика паразитофауны и структуры компонентных сообществ паразитов гольяна *Phoxinus phoxinus* (L.) из реки Печоры. 1. Паразитология. 45 (4): 277—286.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г. 2011б. Сезонная динамика структуры сообщества паразитов гольяна *Phoxinus phoxinus* (L.) в бассейне реки Луза. Рыбоводство и рыбное хозяйство. 9: 41—48.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г. 2011в. Структура компонентного сообщества паразитов ерша *Gymnocephalus cernuus* (Linnaeus, 1758) в разные сезоны года. Паразитология. 45 (2): 104—113.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г. 2013а. Итоги изучения географической изменчивости паразитофауны и структуры компонентных сообществ паразитов гольяна *Phoxinus phoxinus* (L.). 1. Бассейны рек Камы и С. Двины. Паразитология. 47 (2): 113—122.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г. 2013б. Паразитофауна и структура компонентных сообществ паразитов гольяна *Phoxinus phoxinus* (L.) из рек Море-ю и Кара и озера Кривое на острове Колгуев. Электронный научный журнал «Арктика и Север». Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова. 12: 166—172. (<http://narfu.ru/upload/iblock/ced/17.pdf>)
- Доровских Г. Н., Седрисева В. А., Степанов В. Г., Бознак Э. И. 2006. Встречаемость опухолей у *Phoxinus phoxinus* (L.), их влияние на организм гольяна, его паразитофауны и компонентное сообщество его паразитов. Паразитология. 40 (3): 225—243.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г., Голикова Е. А., Вострикова А. В. 2008. Структура компонентных сообществ паразитов гольяна *Phoxinus phoxinus* (L.) из экологически благополучных и загрязненных водоемов. Паразитология. 42 (4): 280—291.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г., Вострикова А. В. 2007. Компонентные сообщества паразитов хариуса *Thymallus thymallus* (L.) (Salmoniformes, Thymallidae) и гольяна *Phoxinus phoxinus* (L.) (Cypriniformes, Cyprinidae) из реки Печора. Паразитология. 41 (5): 381—391.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г., Седрисева В. А. 2005. Паразиты и их компонентные сообщества как индикаторы состояния гидробиоценозов и популяций рыб и ихтиопаразитологическая обстановка в водоемах северо-востока европейской части России. Матер. 3-й (XXVI) Междунар. конф. «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов европейского Севера». Сыктывкар: Коми Научный Центр Уральского отделения РАН. 39—85.
- Зайцев Г. Н. 1984. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука. 424 с.

- Куперман Б. И. 1992. Паразиты как индикаторы загрязнения водоемов. Паразитология. 26 (6): 479—482.
- Левич А. П. 1994. Биотическая концепция контроля природной среды. Докл. РАН. 337 (2): 280—282.
- Левич А. П., Булгаков Н. Г., Рисник Д. В., Максимов В. Н. 2011. Биоиндикация, экологическая диагностика и нормирование в методах мониторинга пресноводных экосистем. В кн.: Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем. СПб.: Любавич. 6—12.
- Лоскутова О. А. 2008. Состояние зообентоса реки Колва спустя 10 лет после аварии на нефтепроводе. Тр. Коми научного центра УрО РАН. 184: 118—128.
- Ляйман Э. М. 1957. Влияние сточных вод заводов на инвазии рыб р. Камы. Тр. Моск. технич. ин-та рыбной промышленности и хозяйства им. А. И. Микояна. 8: 235—240.
- Мэгарран Э. 1992. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир. 184 с. (Magurran A. E. 1983. Ecological diversity and its measurement. London, Croom Helm. 170 p.).
- Овсянникова Е. В., Чуйко Е. В. 2013. Влияние основных загрязняющих веществ на биоту Северного Каспия. Астрахан. Вестн. эколог. образования. 2 (24): 117—122.
- Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. 1987. Л.: Наука. 3: 583 с.
- Песенко Ю. А. 1982. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука. 250 с.
- Попова Э. И. 1962. Результаты гидробиологических исследований в системе притоков р. Усы. В кн.: Рыбы бассейна р. Усы и их кормовые ресурсы. М.; Л. 136—175.
- Правдин И. Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность. 376 с.
- Пугачев О. Н. 1999. Паразиты пресноводных рыб Северной Азии (фауна, экология паразитарных сообществ, зоогеография): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб. 50 с.
- Пугачев О. Н. 2000. Паразитарные сообщества речного гольяна *Phoxinus phoxinus* (L.). Паразитология. 34 (3): 196—209.
- Пугачев О. Н. 2002. Паразитарные сообщества и нерест рыб. Паразитология. 36 (1): 3—10.
- Русинек О. Т. 2007. Паразиты рыб озера Байкал (фауна, сообщества, зоогеография, история формирования). М.: Товарищество научных изданий КМК. 571 с.
- Сообщества гидробионтов нефтезагрязненных акваторий бассейна реки Печора. 2011. Коллектив авторов: Захаров А. Б., Лоскутова О. А., Фефилова Е. Б., Хохлова Л. Г., Шубин Ю. П. Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН. 268 с.
- Тарзвелл К. М. 1979. Краткая история исследования загрязнения воды в США. В кн.: Влияние загрязняющих веществ на гидробионтов и экосистемы водоемов: Материалы двух советско-американских симпозиумов. Л.: Наука. 17—39.
- Шульман С. С., Малахова Р. П., Рыбак В. Ф. 1974. Сравнительно-экологический анализ паразитов рыб озер Карелии. Л.: Наука. 108 с.
- Юнчис О. Н., Стрелков Ю. А. 1997. Паразиты рыб как индикаторы состояния водной среды. Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 321: 111—117.
- Holmes J. C. 1961. Effects of concurrent infections on *Hymenolepis diminuta* (Cestoda) and *Moniliformis dubius* (Acanthocephala). I. General effects and comparison with crowding. Journal of Parasitology. 47: 209—216.
- Holmes J. C. 1990. Helminth communities in marine fishes. Parasite communities: Pattern and Processes (eds G. W. Esch, A. O. Bush, J. M. Aho). London: Chapman and Hall. 101—130.
- Holmes J. C., Price P. W. 1980. Parasite communities: the roles of phylogeny and ecology. Systematic Zoology. 29: 203—213.
- Holmes J. C., Price P. W. 1986. Communities of parasites. In book: Community ecology: patterns and processes. Blackwell Scientific. Oxford, England. 186—213.
- Kennedy C. R. 1997. Long-term and seasonal changes in composition and richness of intestinal helminth communities in eels *Anguilla anguilla* of a isolated English river. Folia Parasitologica. 44: 267—273.

- Lewis J. W., Hoole D., Chappell L. H. 2003. Parasitism and environmental pollution: parasites and hosts as indicators of water quality. *Parasitology*. 126: 1—3.
- Pianka E. R. V. 1970. On r- and K-selection. *The American Naturalist*. 104: 592—597.
- Revenga C., Mock G. 2000. Freshwater Biodiversity in Crisis. Adapted from PAGE: Freshwater Systems 2000 and World Resources 1998—99. World Resources Institute. <http://earthtrends.wri.org/pdf>
- Revenga C., Campbell I., Abell R., De Villiers P., Bryer M. 2005. Prospects for monitoring freshwater ecosystems towards the 2010 targets. *Philosophical Transactions of the Royal Society (of London series) B-(Biological sciences)*. 360: 397—413.
- Smolenski M. 2001. The environmental evaluation by synecological zooindication — a proposal of the method based on epigeic invertebrate communities. *Fragmenta faunistica*. 44 (2): 251—268.
- Sures B. 2004. Environmental parasitology: relevancy of parasites in monitoring environmental pollution. *Trends in Parasitology*. 20: 170—177.
- Warwick R. M. 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Biology*. 92 (4): 557—562.
- Williams H. H., MacKenzie K. 2003. Marine parasites as pollution indicators: an update. *Parasitology*. 126: 27—41.

PARASITE FAUNA AND STRUCTURE OF PARASITE COMPONENT  
COMMUNITIES IN THE MINNOW *PHOXINUS PHOXINUS* (LINNAEUS, 1758)  
IN AN OIL POLLUTED WATERSTREAM

G. N. Dorovskikh, V. G. Stepanov

*Key words:* fish, minnow, parasites, parasite fauna, component communities, *Phoxinus phoxinus*.

SUMMARY

In June 1992 and July 1996, 238 minnow specimens of the 2+—3+ age were collected from 5 parts of the Kolva River and studied using the standard technique of the general parasitological dissection. Comparative analysis of parasite fauna and the structure of component parasite communities in the minnow from ecologically safe and variably polluted parts of the river was performed. The analysis had demonstrated that the increase in the water pollution by domestic wastewater, washings of fertilizers from agricultural fields and private country houses, cattle farm drains (Dorovskikh et al., 2005, 2008), and oil results in the change of dominant parasite species of the minnow, alteration of the sum of errors in the regression equation characterizing the spread of biomass values of the species forming the parasite community, changes in the «graphic» structure of the community, and alteration of the index  $D_E$ .

It is proved, that the high concentration of nutrients has a destructive effect on natural systems, and, at the same time, causes the process of self-organizing, leading to the alteration of the community structure. As soon as even a small part of nutrients is stopped to come into the reservoir, and the quality of environment is restored, the community restores its structure.



приятия по ликвидации основных очагов загрязнений (Сообщества..., 2011). Однако реакция паразитов рыб на загрязнение водотока нефтью осталась за рамками проведенных работ.

Известно, что ихтиопаразиты — прекрасные индикаторы состояния водной среды (Ляйман, 1957; Шульман и др., 1974; Аникиева, 1982; Доровских, 1988; Куперман, 1992; Юнчис, Стрелков, 1997; Lewis et al., 2003; Williams, MacKenzie, 2003; Sures, 2004). Развитие учения об их сообществах позволило оценивать нарушения структуры гидробиоценозов и популяций рыб (Holmes, 1961, 1990; Holmes, Price, 1980, 1986; Kennedy, 1997; Пугачев, 1999, 2000, 2002; Доровских, 2002; Доровских и др., 2005—2008; Русинек, 2007). Согласно биотической концепции контроля среды, экологическое состояние должно определяться не по уровням абиотических факторов, а по комплексу биотических показателей (Абакумов, 1991; Левич, 1994; Булгаков, 2002; Левич и др., 2011; Булгаков и др., 2013), включая состояние сообществ паразитических организмов как составной части любой экосистемы (Банина, 1976; Аникиева, 1982; Юнчис, Стрелков, 1997; Беэр, 1997).

Для реализации биотического подхода необходим набор методов получения оценок состояния сообществ, с помощью которых можно было бы отличить экологически благополучную экосистему от экосистемы, в которой произошли существенные изменения, вызванные внешними, в первую очередь антропогенными, воздействиями. Тогда на некоторой шкале состояний сообществ можно будет установить границы стабильного существования экосистемы, т. е. таких пределов изменения биотических параметров, при которых экосистема «сохраняет свое лицо» (Абакумов и др., 2000). В перечень таких методов должен быть включен и метод паразитологический.

Сегодня наблюдается тенденция постепенного смещения акцентов от оценки качества воды как ресурса в сторону оценки качества водной среды как местообитания и далее в сторону оценки общего экологического состояния водных объектов (Revenga, Mock, 2000; Revenga et al., 2005; Баянов, 2013). О качестве водной среды с биологических позиций позволяет судить регистрация соответствующих аномальных состояний организма, популяции или сообщества (Овсянникова, Чуйко, 2013). При этом присутствие или отсутствие одного вида не может считаться индикатором состояния водоема, так как экологические условия загрязнения характеризуют лишь совокупность количественного и качественного состава биотопа (Тарзвелл, 1979).

Оценить состояние сообщества можно путем определения близости реального сообщества к сообществу репрезентативному для экосистем данного типа (Smoleński, 2001). В качестве последнего мы использовали характеристики компонентных сообществ паразитов гольяна из экологически благополучных участков р. Колвы, а также из бассейнов рек С. Двина, Печора и Кама (Доровских и др., 2008; Доровских, Степанов, 2011а, 2013а).

Исследование проведено на примере паразитов гольяна, что связано с широким распространением этого вида рыб, его многочисленностью, малыми размерами, достаточно богатым видовым составом паразитофауны и хорошей изученностью его паразитарных сообществ.

Цель исследования — рассмотреть особенности паразитофауны и компонентных сообществ паразитов гольяна из участков водотока, имеющих разную степень загрязнения нефтью.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сбор материала произведен по общепринятой методике в июне 1992 г. и июле 1996 г. из 5 участков русла р. Колвы, относящейся к бассейну р. Усы (правый приток нижнего течения р. Печоры). Участок «Водозабор» — самый верхний экологически чистый район, расположен на 1 км выше пос. Харьягинский (Ненецкий автономный округ, Заполярный р-н); участок русла реки напротив названного поселка ( $67^{\circ}09'$  с. ш.,  $56^{\circ}43'$  в. д.), находящегося в 167.3 км севернее г. Усинска, загрязняется коммунальными стоками; русло в районе устья ручья Синашор, расположенное на 5 км ниже по течению, имеет небольшое нефтяное загрязнение; в 130 км ниже по течению в районе устья ручья № 5 отмечено умеренное нефтяное загрязнение; на 48 км от устья р. Колвы в нее впадает ручей Безымянный, по которому нефть и сопутствующие поллютанты проникли в ее магистральное русло. В 1995 г., через несколько месяцев после аварии, содержание нефтепродуктов в низовьях р. Колвы, недалеко от устья последнего ручья, превышало ПДК в 85 раз на поверхности воды и в 500 — на глубине 2.5 м (Ерцев и др., 2000, цит. по: Лоскутова, 2008).

Гольян отловлен поплавочной удочкой. Сразу после вылова рыбу фиксировали в 10%-ном растворе формалина. На наличие паразитов просматривали и осадок из емкостей, в которых хранилась рыба до вскрытия. Даты отлова гольяна и объемы выборок указаны в табл. 1. Возраст рыбы 2+—3+, определен по чешуе и отолитам (Правдин, 1966).

Сравнение паразитофауны гольяна из разных участков водотока проведено по набору видов и их представленности в сборах с использованием индекса общности Чекановского—Сьеренсена в форме  $b$ , в котором исключено влияние различий в объеме сравниваемых коллекций (Песенко, 1982). Проверка влияния загрязнения нефтью водотока на величины численности и биомассы паразитов осуществлена посредством однофакторного дисперсионного анализа небольшой группы данных (Зайцев, 1984). Для сравнения значений индекса Шеннона применен критерий  $t_{st}$  (Мэгаран, 1992).

Анализ динамики экологического благополучия или напряженности в сообществе паразитов основан на предложенном индексе оценки преобладающей жизненной стратегии видов  $D_E'$  сообществ зообентоса (Денисенко и др., 2013).

$$D_E' = H'_{spB} / H'_{spB \max} - H'_{spA} / H'_{spA \max} = (H'_{spB} - H'_{spA}) / \log(N),$$

где  $H'_{spB}$  — индекс разнообразия видов (Шеннона) по биомассе,  $H'_{spA}$  — индекс разнообразия видов (Шеннона) по количеству особей,  $N$  — количество видов в выборке.

Индекс  $D_E'$  представляет собой разность информационных оценок выравнированностей для видов конкретного сообщества по количеству особей и

Таблица 1  
Паразитофауна голяна из р. Колва  
Table 1. Parasite fauna of minnow in Kolva River

Вид паразита	Участок русла реки		Русло реки в районе устья ручья		
	Водозабор 26.07.1996 n = 29	Пос. Харь- гинский 27.06.1992 n = 80	Синашор 29.07.1996 n = 31	№ 5 21.07.1996 n = 68	Безымян- ный 22.07.1996 n = 30
<i>Thelohanellus oculileucis</i> (Trojan, 1909)	6 (19.3)	21 (4.0)	13 (18.0)	—	10 (6.3)
<i>T. pvriformis</i> (Thelohan, 1892)	3 (2.6)	—	—	—	—
<i>Myxidium macrocapsulare</i> Auerbach, 1910	—	1 (0.2)	—	—	—
<i>Myxobolus lomi</i> Donec et Kulakowskaja, 1962	3 (2.0)	8 (0.4)	3 (0.4)	6 (2.4)	4 (0.7)
<i>M. muelleri</i> Butschli, 1882	3 (0.2)	—	—	—	—
<i>M. musculi</i> Keysselitz, 1908	—	—	1 (0.4)	2 (0.6)	—
<i>Dactylogyrus borealis</i> Nybelin, 1936	—	3 (0.1)	3 (0.2)	6 (0.4)	6 (0.8)
<i>Pellucidhaptor merus</i> (Zaika, 1961)	1 (0.1)	—	—	2 (0.03)	—
<i>Gyrodactylus aphyae</i> Malmberg, 1957	2 (0.1)	8 (0.3)	2 (0.1)	6 (0.1)	5 (0.2)
<i>G. macronychus</i> Malmberg, 1957	2 (0.13)	2 (0.10)	1 (0.1)	—	4 (0.1)
<i>G. laevis</i> Malmberg, 1957	1 (0.04)	—	3 (0.2)	—	—
<i>G. limneus</i> Malmberg, 1964	1 (0.04)	3 (0.2)	1 (0.03)	—	—
<i>G. pannonicus</i> Molnar, 1968	—	1 (0.04)	—	—	—
<i>G. magnificus</i> Malmberg, 1957	—	—	4 (0.3)	1 (0.02)	—
<i>Diplostomum phoxini</i> Faust, 1918 larvae	15 (15.0)	40 (3.8)	12 (9.6)	15 (11.4)	15 (10.5)
<i>Rhipidocotyle campanula</i> (Dujardin, 1845) larvae	12 (3.6)	42 (13.0)	15 (4.5)	12 (4.8)	15 (5.3)
<i>Phyllodistomum folium</i> (Olbers, 1926)	—	2 (3.0)	1 (0.07)	—	—
<i>P. elongatum</i> Nybelin, 1926	3 (0.2)	—	—	—	—
<i>Allocreadium isoporum</i> (Olbers, 1926)	3 (0.4)	—	—	—	—
<i>Rhabdochona phoxini</i> Moravec, 1968	7 (3.0)	—	2 (0.07)	—	—
<i>Raphidascaris acus</i> (Bloch, 1779) larvae	9 (1.6)	24 (0.6)	13 (3.2)	12 (2.2)	—
<i>Neoechinorhynchus rutili</i> (Müller, 1780)	—	5 (0.2)	—	3 (0.4)	3 (0.2)
<i>Unionidae</i> gen. sp.	—	—	15 (5.0)	—	—
<i>Argulus coregoni</i> Thorell, 1864	4 (0.2)	5 (0.2)	5 (0.4)	9 (0.7)	14 (0.8)

Примечание. За скобками — число зараженных данным видом паразита рыб; в скобках — индекс обилия.

по биомассе. В основе механизма работы индекса лежат выводы Пианка (Pianka, 1970) о соотношении степеней доминирования г- и К-стратегов в видовых сообществах, подверженных и неподверженных экологическому стрессу, а также метод ABC-кривых Уорвика (Warwick, 1986).

Показатель  $D_E'$ , будучи безразмерным, изменяется в интервале между  $-1$  и  $+1$  при критическом переходном значении  $0$ . Значения, близкие к  $-1$ , указывают на полное отсутствие стресса, что соответствует К-стратегии, значения, близкие к  $+1$ , — на наличие сильного стресса, что соответствует г-стратегии (Денисенко и др., 2013).

Терминология, расчеты индексов и метод построения графиков, отражающих структуру компонентного сообщества паразитов, изложены в предыдущих публикациях (Пугачев, 1999; Доровских и др., 2007; Доровских, Степанов, 2009а, б).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Всего у гольяна из р. Колвы нашли 24 вида паразитов (табл. 1). Их число у рыбы из разных участков водотока колеблется от 9 до 16 видов. Паразитофауна гольяна из исследованных мест статистически различна (табл. 2). Наибольшее число видов паразитов обнаружено у хозяина из самого верхнего, экологически благополучного участка реки и из района устья ручья Синашор, где имеется небольшое нефтяное загрязнение. У гольяна из всех обследованных участков реки найдены *Muxobolus lomi* Donec et Kulakowskaja, 1962, *Gyrodactylus aphyae* Malmberg, 1957, *Diplostomum phoxini* Faust, 1918, *Rhipidocotyle campanula* (Dujardin, 1845), *Argulus coregoni* Thorell, 1864, возможно, образующие ядро его паразитофауны. В 4 пунктах зарегистрированы *Thelohanellus oculileucisci* (Trojan, 1909), *Dactylogyrus borealis* Nybelin, 1936, *G. macronychus* Malmberg, 1957, *Raphidascaris acus* (Bloch, 1779). В 3 пунктах присутствуют *G. laevis* Malmberg, 1957 и *Neoechinorhynchus rutili* (Müller, 1780). Остальные виды отмечены в 1—2 пунктах. В составе паразитофауны гольяна из р. Колвы не обнаружены инфузории и цестоды.

Обеднение паразитофауны наблюдается в направлении от верхних участков реки к нижним. В наиболее загрязненных нижних пунктах уменьшается число специфичных для гольяна видов паразитов, возрастает доля видов, активно заражающих хозяина. Наибольшая представленность метациркариев *D. phoxini* и *R. campanula* отмечена в составе паразитофауны этого вида рыб в районе устья ручья № 5.

Рассмотрим характеристики компонентных сообществ паразитов гольяна из разных участков р. Колвы (табл. 3). Поскольку объемы выборок рыб разнятся, то сделан расчет числа особей и биомассы паразитов, приходящихся на одну исследованную особь хозяина (табл. 3). Наиболее низкие значения указанных показателей пришлось на гольяна, отловленного из русла реки в районе пос. Харьягинск. Здесь материал взят в конце июня, в других участках реки — в конце июля. Принимая во внимание результаты изучения сезонной динамики паразитофауны и структуры компонентных сообществ паразитов гольяна из других рек Северо-Востока европейской части России (Доровских, Голикова, 2004; Доровских, Степанов, 2009а,

Таблица 2

Достоверность различий паразитофауны гольяна из разных участков р. Колвы  
 Table 2. The significance level of differences between parasite fauna of the minnow  
 in different parts of the Kolva River

Пункт отлова рыбы	Участки русла р. Колва			
	Напротив пос. Харьгин- ский	Устье ручья Синашор	Устье ручья № 5	Устье ручья Безымянный
Участок русла реки «Водозабор»	$0.640 \pm 0.079$ 8.955	$0.308 \pm 0.082$ 16.635	$0.607 \pm 0.109$ 7.081	$0.655 \pm 0.110$ 5.950
Река напротив пос. Харьгинский	—	$0.336 \pm 0.0551$ 23.463	$0.604 \pm 0.100$ 7.765	$0.629 \pm 0.049$ 14.840
Устье ручья Синашор	—	—	$0.330 \pm 0.081$ 16.302	$0.440 \pm 0.096$ 11.429
Устье ручья № 5	—	—	—	$0.745 \pm 0.118$ 4.229

Примечание. В числителе значение индекса общности Чекановского—Сьеренсена в форме  $b$  и его ошибка; в знаменателе —  $t_{st}$  (пороговое значение 3.291).

2011а, б), можно заключить, что сообщества паразитов в июне и июле находятся на разных стадиях развития. В связи с этим сравнительный анализ численности и биомассы паразитов у гольяна из разных участков реки рассмотрим без данных, полученных в июне 1992 г.

Паразитарные сообщества гольяна в конце июля по числу особей паразитов, их биомассе и по значениям индексов Шеннона, рассчитанных по числу особей паразитов, разбиваются на две группы. Первая включает паразитарные сообщества из районов «Водозабор» и устье ручья Синашор, вторая — из отрезков русла р. Колвы, куда впадают ручьи № 5 и Безымянный. Группа 1 — это сообщества из экологически чистого участка реки и района с небольшим нефтяным загрязнением, 2 — из мест с умеренным и значительным загрязнением нефтью. Величины индексов Шеннона, рассчитанные по значениям числа особей паразитов внутри указанных пар, статистически не различаются, тогда как между сообществами из разных пар различия достоверны (табл. 4). Значимые различия индексов Шеннона, рассчитанных по величинам биомасс, отмечены только для сообществ из мест впадения в реку ручьев Синашор и № 5. Уменьшение числа особей паразитов ( $F = 6574.2$ ;  $v_1 = 1$ ;  $v_2 = 2$ ;  $P \ll 0.001$ ), их биомассы ( $F = 34.6$ ;  $v_1 = 1$ ;  $v_2 = 2$ ;  $P \ll 0.05$ ) и доли автогенных видов (по числу особей:  $F = 387.5$ ;  $v_1 = 1$ ;  $v_2 = 2$ ;  $P \ll 0.01$ ; по биомассе:  $F = 45.3$ ;  $v_1 = 1$ ;  $v_2 = 2$ ;  $P \ll 0.05$ ) в составе паразитарных сообществ из загрязненных районов статистически значимо. Изменение долей видов специалистов и генералистов недостоверно (по числу особей:  $F = 4.9$ ;  $v_1 = 1$ ;  $v_2 = 2$ ;  $P \gg 0.05$ ; по биомассе:  $F = 3.4$ ;  $v_1 = 1$ ;  $v_2 = 2$ ;  $P \gg 0.05$ ).

В компонентных сообществах паразитов исследованного гольяна лидируют аллогенные виды и виды генералисты.

Таблица 3  
Характеристики компонентных сообществ паразитов гольяна  
Table 3. Characteristics of the parasite component communities of the minnow

Показатели	Участок русла реки		Русло реки в районе устья ручья		
	Водозабор	Харья-гинск	Синашор	№ 5	Безымян-ный
Исследовано рыб	29	80	31	68	30
Общее число видов паразитов	16	14	16	11	9
Общее число особей паразитов	1161	667	1315	1567	746
Общее значение условной биомассы	308.1	174.9	299.3	386.7	198.9
Количество автогенных видов	15	13	15	10	8
Количество аллогенных видов	1	1	1	1	1
Доля особей автогенных видов	0.690	0.852	0.774	0.505	0.578
Доля биомассы автогенных видов	0.821	0.914	0.848	0.693	0.757
Доля особей аллогенных видов	0.310	0.148	0.226	0.495	0.422
Доля биомассы аллогенных видов	0.179	0.086	0.152	0.307	0.243
Количество видов-специалистов	8	7	9	6	5
Доля особей видов-специалистов	0.421	0.192	0.257	0.622	0.495
Доля биомассы видов-специалистов	0.404	0.122	0.184	0.436	0.309
Количество видов-генералистов	8	7	7	5	4
Доля особей видов-генералистов	0.579	0.808	0.743	0.378	0.505
Доля биомассы видов-генералистов	0.596	0.878	0.816	0.564	0.691
Доминантный вид по числу особей	<i>T. oculileucisci</i>	<i>R. campanula</i>	<i>T. oculileucisci</i>	<i>D. phoxini</i>	<i>D. phoxini</i>
Доминантный вид по значению биомассы	То же	То же	То же	То же	<i>T. oculileucisci</i>
Характеристика доминантного вида	г/ав	г/ав	г/ав	с/ал	с/ал; г/ав
Индекс Бергера-Паркера по числу особей	0.397	0.507	0.424	0.495	0.422
Индекс Бергера-Паркера по биомассе	0.412	0.531	0.513	0.307	0.261
Выравненность видов по числу особей	0.596	0.575	0.595	0.632	0.664
Выравненность видов по биомассе	0.623	0.584	0.573	0.742	0.767
Индекс Шеннона по числу особей	1.654	1.518	1.649	1.513	1.458
Индекс Шеннона по значениям биомассы	1.729	1.540	1.588	1.779	1.686

Таблица 3 (продолжение)

Показатели	Участок русла реки		Русло реки в районе устья ручья		
	Водозабор	Харья-гинск	Синашор	№ 5	Безымянный
Ошибка уравнений регрессии	0.260	0.162	0.229	0.325	0.417
Число особей паразитов на 1 особь хозяина	40.0	8.3	42.4	23.1	24.9
Значение биомассы паразитов на 1 особь хозяина	10.6	2.2	9.6	5.7	6.6
Индекс $D_E'$	0.062	0.019	-0.051	0.255	0.239

Примечание. ав — автогенный вид; ал — аллогенный вид; г — вид-генералист; с — вид-специалист; *T. oculileucisci* — *Thelohanelus oculileucisci*; *D. phoxini* — *Diplostomum phoxini*.

Сообщества паразитов гольяна из р. Колвы характеризуются низкими величинами индексов доминирования и выравненности видов по обилию, высокими — индексов Шеннона, т. е., подобно сообществам его паразитов из бассейнов рек Кама, С. Двина (Доровских, Степанов, 2013а) и среднего течения р. Печоры (Доровских, Степанов, 2011а), являются зрелыми (сбалансированными) (по: Пугачев, 1999). Однако разница в значениях индексов видового разнообразия, рассчитанных по числу особей паразитов и их биомассе у сообществ паразитов из русла реки в районах устьев ручьев № 5 и Безымянный, значительно выше, чем у таковых из других мест (табл. 3).

Исследованные участки реки хорошо различаются по величине  $D_E'$ . Изменение значений индекса происходит закономерно сверху вниз, соответственно степени загрязнения соответствующих пунктов района наблюдений

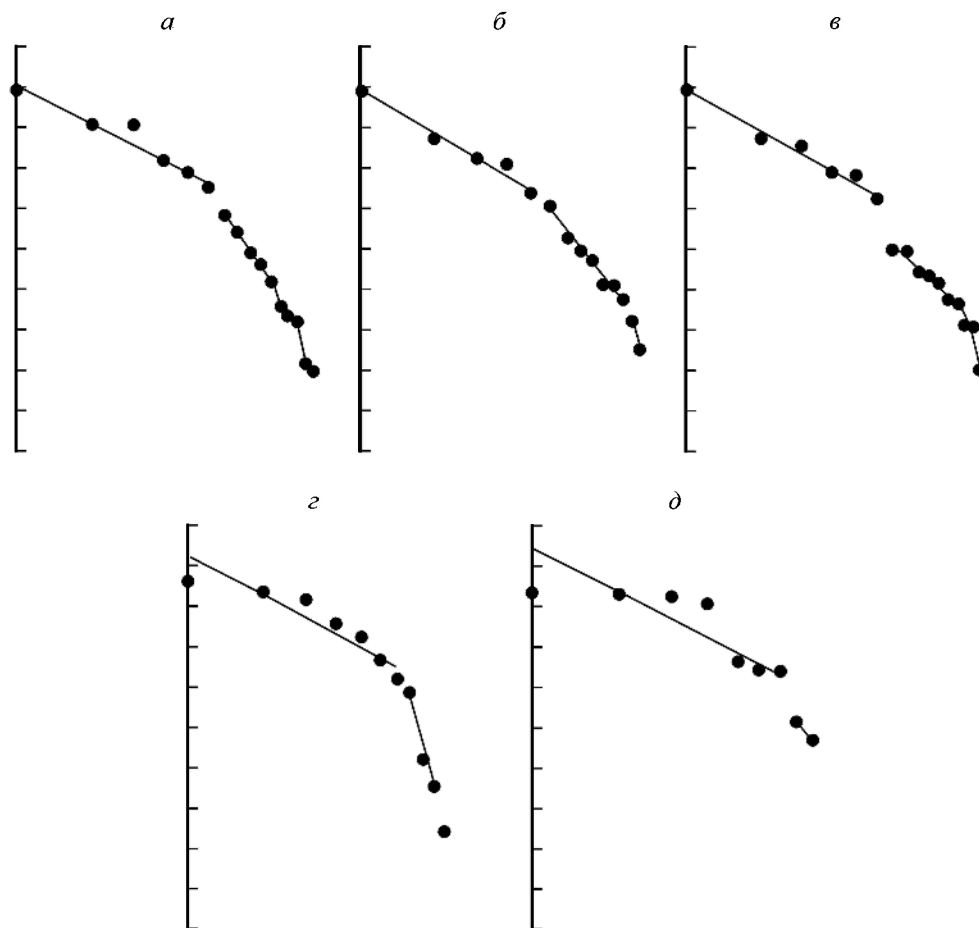
Таблица 4

Достоверность различий значений индекса Шеннона, характеризующего сообщества паразитов гольяна из разных участков р. Колвы

Table 4. Reliability of differences in the value of the Shannon index characterizing parasite communities of the minnow in different parts of the Kolva River

Места сбора материала		Значения индекса рассчитаны по значениям биомассы паразитов			
		Участок «Водозабор»	Устье ручья Синашор	Устье ручья № 5	Устье ручья Безымянный
Значения индекса получены по числу особей паразитов	Участок «Водозабор»		$\frac{1.606}{> 0.05}$	$\frac{0.528}{>> 0.05}$	$\frac{0.595}{>> 0.05}$
	Устье ручья Синашор	$\frac{0.119}{>> 0.05}$		$\frac{2.500}{< 0.05}$	$\frac{1.207}{> 0.05}$
	Устье ручья № 5	$\frac{3.559}{< 0.001}$	$\frac{3.675}{< 0.001}$		$\frac{1.574}{> 0.05}$
	Устье ручья Безымянный	$\frac{4.339}{<< 0.001}$	$\frac{4.442}{<< 0.001}$	$\frac{1.361}{> 0.05}$	

Примечание. В числителе — значение индекса  $t_{st}$ ; в знаменателе — P.



Вариационные кривые условных биомасс паразитов гольяна из р. Колва.

На всех графиках: по оси абсцисс — натуральные логарифмы порядковых номеров последовательных (по значениям условных биомасс) членов ряда; по оси ординат — натуральные логарифмы значений условных биомасс видов паразитов, образующих компонентное сообщество. Прямые, параллельные оси абсцисс — теоретически рассчитанные критические уровни. Участок русла р. Водозабор: *а* — отлов 26.07.1996; напротив пос. Харьягинский: *б* — 27.06.1992; устье ручья Синашор: *в* — 29.07.1996; устье ручья № 5: *г* — устье ручья Безымянный: *д* — 22.07.1996.

Variation curves of conditional biomass values of minnow parasites in the Kolva River.

(табл. 3). Сообщества паразитов в верхних трех станциях отбора проб, имеющие индексы  $D_E'$ , близкие 0, подверглись небольшому стрессу, оставшиеся два — сильному.

В сообществах паразитов гольяна из русла водотока в районах «Водозабор», пос. Харьягинск, устья ручьев Синашор и № 5 по соотношению биомасс выделяется по 3 группы видов, в районе устья ручья Безымянный — 2 (см. рисунок). Состав этих групп в разных сообществах различен.

Первая группа в сообществе паразитов из русла реки в пункте «Водозабор» состоит из 6 видов. Из мест напротив пос. Харьягинск и устья ручья Синашор из 5—6, в районе устья ручья № 5 — 7—8, ручья Безымянный — 7 видов. Вторая группа в первых трех сообществах образована 6—7 видами, в сообществе из района устья ручья № 5 — тремя, на участке устья



руч. Безымянный — двумя видами. Третья группа в первом сообществе включает 4 вида, во втором — 2, в третьем — 3, в четвертом — 1 вид. У сообщества паразитов из района устья ручья Безымянный эта группа отсутствует.

В паразитарных сообществах из русла реки в пунктах «Водозабор» и устье ручья Синашор по численности и биомассе доминирует автогенный генералист *T. oculileucisci*, напротив пос. Харьягинск — автогенный генералист *R. campanula*, в районе устья ручья № 5 — аллогенный специалист *D. phoxini*. В паразитарном сообществе из участка водотока напротив устья ручья Безымянный по биомассе доминирует *T. oculileucisci*, по численности — *D. phoxini*. В первом сообществе паразитов в группе доминантов вторым по биомассе является *Rhabdochona phoxini* Moravec, 1968, третьим — *D. phoxini*, четвертым — *R. campanula*, завершают ряд два вида миксоспоридий; во втором сообществе за лидером следует *T. oculileucisci*, далее идут *Phyllodistomum folium* (Olbers, 1926), *D. phoxini*, *A. coregoni*; в третьем — *D. phoxini*, *R. campanula*, *A. coregoni*, *Unionidae* gen. sp., *R. acus*; в четвертом — *R. campanula*, *A. coregoni*, *M. lomi*, *N. rutili*, *R. acus*; в пятом — *D. phoxini*, *R. campanula*, *A. coregoni*.

Итак, общими для первой группы видов анализируемых сообществ паразитов гольяна являются *D. phoxini* и *R. campanula*. В четырех сообществах в состав этой группы видов еще входят *A. coregoni* и *T. oculileucisci*. Исключение составили сообщества паразитов из русла реки в районах «Водозабор» и устье ручья № 5. В первом из них рачок отмечен в составе 2-й группы видов, во втором отсутствует *T. oculileucisci*.

Таким образом, по мере движения по руслу реки от района «Водозабор» к устью ручья Безымянный число видов паразитов в составе сообществ уменьшается. Большая часть оставшихся видов концентрируется в первой группе, значения их биомасс существенно отклоняются от прямой регрессии (см. рисунок). Последнее заметно по росту сумм ошибок уравнений регрессии, характеризующих разброс величин биомасс видов в составе паразитарного сообщества (табл. 3).

У гольяна из районов устьев ручьев № 5 и Безымянный, т. е. в наиболее загрязненных участках водотока, в полости тела и стекловидном теле глаза найдены развитые особи *R. campanula*. Эти черви были без цист. Длина их тела 0.70—0.86 мм, ротовая присоска  $0.16—0.19 \times 0.15—0.16$ , глотка  $0.06 \times 0.06$ , передний семенник  $0.09—0.11 \times 0.09—0.11$ , задний  $0.1—0.11 \times 0.08—0.10$  мм. Размеры найденных особей совпадают с размерами взрослых трематод (Определитель..., 1987). Эти гельминты в норме паразитируют у гольяна на стадии метацеркария. Наблюдаемое явление, возможно, говорит о сокращении в указанном районе численности хищных рыб, которые служат окончательным хозяином для этой двуустки. Метацеркарии, долго находясь в промежуточном хозяине, практически достигают зрелости. Видимо, имеет место явление прогенеза. Подобное иногда наблюдают у паразитов, находящихся в крупных, недоступных хищникам, рыбах. Так, во время работы на Ладожском озере у лососей были найдены плероцеркоиды *Diphylllobothrium* sp. тип «С» длиной 50 мм с ясным расчленением тела. Задние членики червей имели зачатки половой системы (Барышева, Бауер, 1948). Взрослая стадия этих лентецов — паразит рыбоядных птиц.

Воздействие нефти сказалось не только на паразитах, паразитофауне и структуре компонентных сообществ, но и на состоянии организма гольяна. У рыбы из района устья ручья Синашор, где отмечено небольшое нефтяное загрязнение, наблюдали усиление отделения кожными покровами слизи, а у 4.4 % обследованных рыб из участка реки напротив устья ручья № 5 имелись поражения кожных покровов в виде овальных язв с ровными краями. Ранки располагались в области брюшных плавников, имели размеры  $2.3 \times 3.3$  мм, глубину до 0.5 мм. Ранки кровоточили. Происходил лизис эпителиальных и мышечных тканей, из язв виднелись концы ребер. У других экземпляров гольяна имелись разрастания кожных покровов в виде шаровидных образований в области анального плавника.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные позволяют сделать вывод о нарушении гидробиоценоза р. Колвы в нижнем участке проведения работ.

В направлении от верхних, экологически благополучных, отрезков водотока к нижним, наиболее загрязненным, отмечено обеднение видового состава паразитофауны гольяна, при сохранении ядра видов, уменьшение числа специфичных паразитов, увеличение доли видов, активно заражающих хозяина, падение числа особей паразитов, их биомассы и доли автогенных видов (соответственно повышение доли аллогенных видов) в составе его паразитарных сообществ. В сообществах паразитов из верхних 4 пунктов реки по соотношению биомасс выделяется по 3 группы видов, в районе устья ручья Безымянный — 2. В последнем случае паразитарное сообщество имеет 2 вида-доминанта по численности и биомассе. Нарушается правильность расположения точек, символизирующих на рисунках отдельные виды. Последние как бы стремятся занять в сообществе лидирующее положение, ведущее к их перераспределению по группам и отклонению от прямой регрессии, что заметно по росту значений сумм ошибок уравнений регрессии, характеризующих разброс величин биомасс видов в составе паразитарного сообщества. У сообществ из двух нижних участков водотока отмечена значительно более высокая разница в величинах индексов видового разнообразия, рассчитанных по числу особей паразитов и их биомассе, зарегистрировано увеличение значений показателя  $D_E'$ .

Негативное влияние загрязнения водоема сырой нефтью и нефтепродуктами на состав паразитофауны рыб и структуру их паразитарных сообществ наблюдали и ранее (Ляйман, 1957; Доровских, 1996; Герман, 2006).

В отличие от вышеперечисленных критериев использование индексов видового разнообразия, используемых для описания сообществ паразитов с целью оценки состояния гидробиоценоза, проблематично, поскольку их абсолютные значения зависят не только от степени загрязнения водоема (Доровских и др., 2005, 2008), но и от его географического положения (Доровских, Степанов, 2013а, б), сезона года (Доровских, Голикова, 2004; Доровских, Степанов, 2009а, 2011а, б), физиологического состояния организма хозяина (Доровских и др., 2006), его возраста (Доровских, Степанов, 2007, 2008), порой и от его половой принадлежности (Доровских,

2014), других факторов. На это обращал внимание и Пугачев (1999, 2000, 2002).

Ранее показано, что для оценки состояния сообществ индекс Шеннона и другие индексы разнообразия мало пригодны (Воробейчик и др., 1994). Одно и то же их значение может наблюдаться при различных, порой прямо противоположных состояниях гидробиоценоза, а «здоровой» экосистеме могут соответствовать различные уровни видового разнообразия (Булгаков, 2002).

В то же время установлено (Доровских, 2002, 2005; Доровских и др., 2007; Доровских, Степанов, 2011в), что компонентные сообщества паразитов разных видов пресноводных рыб образованы по единому принципу, а именно путем согласования отношений биомасс формирующих их видов. На воздействие загрязняющих веществ сообщество реагирует перестройкой своей структуры, уменьшая согласованность отношений биомасс видов. На начальных этапах нарушения гидробиоценоза в компонентном сообществе паразитов рыб появляются виды, точки условных биомасс которых не ложатся на соответствующие отрезки прямой линии. При значительной деградации гидробиоценоза наблюдается уменьшение числа групп паразитов и в первой из них нарушается правильность в расположении точек условных биомасс видов, входящих в эту группу, часто меняется вид-доминант, иногда их становится 2, по численности и биомассе (Доровских, 2002; Доровских, Голикова, 2004; Доровских и др., 2005, 2008).

Для получения достоверной картины состояния гидробиоценоза или популяции хозяина сбор материала рекомендовано проводить в период сформированного состояния сообщества. Такое сообщество характеризуется максимальным видовым разнообразием. Виды в нем представлены зрелыми особями и личиночными стадиями паразитов, использующих рыбу как промежуточного хозяина. Оно отличается наличием в структуре, выделенной по соотношению условных биомасс составляющих его видов, 3 групп паразитов. Величина суммы ошибок уравнений регрессии, описывающих расположение точек биомасс этих видов, менее 0.250 (Доровских, 2002; Доровских, Голикова, 2004). С уверенностью оценивать состояние среды или популяции хозяина можно только по сообществам паразитов взрослых рыб примерно одного возраста, размера, физиологического состояния, отловленных одновременно (Доровских, 2002; Доровских, Степанов, 2009б).

Итак, реакция паразитофауны и паразитарных сообществ на загрязнение водотока нефтью, а также бытовыми стоками, смывами удобрений с сельскохозяйственных полей и дачных участков, при попадании в него вод с животноводческих ферм (Доровских и др., 2005, 2008) одинакова и носит неспецифический характер, отличаясь степенью своей выраженности в зависимости от силы (концентрации) и продолжительности воздействия соответствующего загрязнителя.

Приведенные и опубликованные данные позволяют заключить, что высокие концентрации загрязняющих веществ действуют разрушающе на природные системы и в то же время инициируют процессы самоорганизации, ведущие к изменению структуры сообщества. С прекращением поступления в водоем даже части этих загрязнителей и некоторым восстановлением качества среды сообщество восстанавливает свою структуру

(Доровских и др., 2005, 2008). Действительно, спустя 10 лет после аварийного разлива нефти структура донных сообществ р. Колвы приблизилась к естественной (Лоскутова, 2008; Сообщества ..., 2011). Показатели развития бентоса стали близки к таковым, зарегистрированным еще до развития в регионе нефтедобывающей промышленности (Попова, 1962).

Результаты работы в целом подтвердили выявленные ранее закономерности для паразитофауны рыб в зонах действия отходов разных отраслей народного хозяйства. Показана и однотипность реакций компонентных сообществ паразитов гольяна на воздействие широкого круга загрязнителей.

### Список литературы

- Абакумов В. А. 1991. Гидробиологический мониторинг поверхностных вод. Гидробиологический журнал. 27 (3): 3—8.
- Абакумов В. А., Булгаков Н. Г., Левич А. П., Мамихин С. В., Никитина Е. П., Никулин В. А., Сухов С. В. 2000. Аналитическая информационная система «Экология пресных вод России» как инструмент биологических исследований. Вестн. МГУ, Сер. Биология. 2: 38—42.
- Аникиева Л. В. 1982. Влияние сточных вод Сегежского целлюлозно-бумажного комбината на гельминтофауну рыб Выгозера. В кн.: Экология паразитических организмов в биоценозах Севера. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР. 83—94.
- Барышева А. Ф., Бауер О. Н. 1948. Распространение плероцеркоидов *D. latum* в рыбах Ладожского озера. Бюл. рыбного хозяйства Карело-Финской ССР. 1(3): 44—46.
- Банина Н. Н. 1976. Апиозомы как паразитические организмы. Изв. ГосНИОРХ. 105: 58—468.
- Баянов Н. Г. 2013. ООПТ и совершенствование мониторинга водных экосистем в России. Астраханский Вестник экологического образования. 4 (26): 82—88.
- Безр С. А. 1997. Основы паразитологического мониторинга. В кн.: Мониторинг биоразнообразия. М.: Ин-т проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН. 189—194.
- Булгаков Н. Г. 2002. Индикация состояния природных экосистем и нормирование факторов окружающей среды. Обзор существующих подходов. Успехи современной биологии. 122 (2): 115—135.
- Булгаков Н. Г., Левич А. П., Барабаш А. Л., Юзбеков А. К. 2013. Демография и заболеваемость в регионах России как показатели экологического состояния территорий. Безопасность в техносфере. 1 (январь—февраль). 53—63.
- Воробейчик Е. Л., Садыков О. Ф., Фарафонов М. Г. 1994. Экологическое нормирование техногенных загрязнений. Екатеринбург: Наука. 280 с.
- Герман Ю. К. 2006. Структура сообществ паразитов непромысловых рыб в водоемах и водотоках бассейна реки Енисей. Дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ. 167 с.
- Денисенко С. Г., Барбашова М. А., Скворцов В. В., Беляков В. П., Курашов Е. А. 2013. Результаты оценки экологического благополучия сообществ зообентоса по индексу «разности выравнинностей» ( $D_E'$ ). Биология внутренних вод. 1: 46—55.
- Доровских Г. Н. 1988. Паразиты рыб бассейна среднего течения реки Вычегды (фауна, экология, зоогеография): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л. 25 с.
- Доровских Г. Н. 1996. Наблюдения над паразитами рыб водоемов, расположенных вблизи и в черте городов северо-востока европейской части России. В кн.: Сопровождение Паразитологического общества при РАН «Паразитологические проблемы больших городов». Тез. докл. СПб. 31.
- Доровских Г. Н. 2002. Паразиты пресноводных рыб северо-востока европейской части России (фауна, экология паразитарных сообществ, зоогеография): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб. 50 с.

- Доровских Г. Н. 2005. Компонентные сообщества паразитов пескаря (*Gobio gobio*) из бассейнов рек Северная Двина и Мезень. Паразитология. 39 (3): 221—236.
- Доровских Г. Н. 2014. Влияние пола гольяна *Phoxinus phoxinus* L. на состав паразитофауны и структуру компонентного сообщества паразитов. Паразитология. 48 (4): 270—283.
- Доровских Г. Н., Голикова Е. А. 2004. Сезонная динамика структуры компонентных сообществ паразитов гольяна речного *Phoxinus phoxinus* (L.). Паразитология. 38 (5): 413—425.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г. 2007. Возраст хозяина и структура компонентных сообществ паразитов у гольяна речного *Phoxinus phoxinus* (L.). Паразитология. 41 (4): 284—298.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г. 2008. Изменение структуры компонентных сообществ паразитов с возрастом хозяина. Экология. 39 (3): 227—232.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г. 2009а. Сезонная динамика структуры сообщества паразитов гольяна *Phoxinus phoxinus* (L.) в бассейне верхнего течения реки Северная Двина. Рыбоводство и рыбное хозяйство. 3: 33—43.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г. 2009б. Методы сбора и обработки ихтиопаразитологических материалов (уч. пос.). Сыктывкар: Сыктывкарский госуниверситет. 131 с.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г. 2011а. Сезонная динамика паразитофауны и структуры компонентных сообществ паразитов гольяна *Phoxinus phoxinus* (L.) из реки Печоры. 1. Паразитология. 45 (4): 277—286.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г. 2011б. Сезонная динамика структуры сообщества паразитов гольяна *Phoxinus phoxinus* (L.) в бассейне реки Луза. Рыбоводство и рыбное хозяйство. 9: 41—48.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г. 2011в. Структура компонентного сообщества паразитов ерша *Gymnocephalus cernuus* (Linnaeus, 1758) в разные сезоны года. Паразитология. 45 (2): 104—113.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г. 2013а. Итоги изучения географической изменчивости паразитофауны и структуры компонентных сообществ паразитов гольяна *Phoxinus phoxinus* (L.). 1. Бассейны рек Камы и С. Двины. Паразитология. 47 (2): 113—122.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г. 2013б. Паразитофауна и структура компонентных сообществ паразитов гольяна *Phoxinus phoxinus* (L.) из рек Море-ю и Кара и озера Кривое на острове Колгуев. Электронный научный журнал «Арктика и Север». Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова. 12: 166—172. (<http://narfu.ru/upload/iblock/ced/17.pdf>)
- Доровских Г. Н., Седрисева В. А., Степанов В. Г., Бознак Э. И. 2006. Встречаемость опухолей у *Phoxinus phoxinus* (L.), их влияние на организм гольяна, его паразитофауну и компонентное сообщество его паразитов. Паразитология. 40 (3): 225—243.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г., Голикова Е. А., Вострикова А. В. 2008. Структура компонентных сообществ паразитов гольяна *Phoxinus phoxinus* (L.) из экологически благополучных и загрязненных водоемов. Паразитология. 42 (4): 280—291.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г., Вострикова А. В. 2007. Компонентные сообщества паразитов хариуса *Thymallus thymallus* (L.) (Salmoniformes, Thymallidae) и гольяна *Phoxinus phoxinus* (L.) (Cypriniformes, Cyprinidae) из реки Печора. Паразитология. 41 (5): 381—391.
- Доровских Г. Н., Степанов В. Г., Седрисева В. А. 2005. Паразиты и их компонентные сообщества как индикаторы состояния гидробиоценозов и популяций рыб и ихтиопаразитологическая обстановка в водоемах северо-востока европейской части России. Матер. 3-й (XXVI) Междунар. конф. «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов европейского Севера». Сыктывкар: Коми Научный Центр Уральского отделения РАН. 39—85.
- Зайцев Г. Н. 1984. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука. 424 с.

- Куперман Б. И. 1992. Паразиты как индикаторы загрязнения водоемов. Паразитология. 26 (6): 479—482.
- Левич А. П. 1994. Биотическая концепция контроля природной среды. Докл. РАН. 337 (2): 280—282.
- Левич А. П., Булгаков Н. Г., Рисник Д. В., Максимов В. Н. 2011. Биоиндикация, экологическая диагностика и нормирование в методах мониторинга пресноводных экосистем. В кн.: Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем. СПб.: Любавич. 6—12.
- Лоскутова О. А. 2008. Состояние зообентоса реки Колва спустя 10 лет после аварии на нефтепроводе. Тр. Коми научного центра УрО РАН. 184: 118—128.
- Ляйман Э. М. 1957. Влияние сточных вод заводов на инвазии рыб р. Камы. Тр. Моск. технич. ин-та рыбной промышленности и хозяйства им. А. И. Микояна. 8: 235—240.
- Мэгарран Э. 1992. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир. 184 с. (Magurran A. E. 1983. Ecological diversity and its measurement. London, Croom Helm. 170 p.).
- Овсянникова Е. В., Чуйко Е. В. 2013. Влияние основных загрязняющих веществ на биоту Северного Каспия. Астрахан. Вестн. эколог. образования. 2 (24): 117—122.
- Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. 1987. Л.: Наука. 3: 583 с.
- Песенко Ю. А. 1982. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука. 250 с.
- Попова Э. И. 1962. Результаты гидробиологических исследований в системе притоков р. Усы. В кн.: Рыбы бассейна р. Усы и их кормовые ресурсы. М.; Л. 136—175.
- Правдин И. Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность. 376 с.
- Пугачев О. Н. 1999. Паразиты пресноводных рыб Северной Азии (фауна, экология паразитарных сообществ, зоогеография): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб. 50 с.
- Пугачев О. Н. 2000. Паразитарные сообщества речного гольяна *Phoxinus phoxinus* (L.). Паразитология. 34 (3): 196—209.
- Пугачев О. Н. 2002. Паразитарные сообщества и нерест рыб. Паразитология. 36 (1): 3—10.
- Русинек О. Т. 2007. Паразиты рыб озера Байкал (фауна, сообщества, зоогеография, история формирования). М.: Товарищество научных изданий КМК. 571 с.
- Сообщества гидробионтов нефтезагрязненных акваторий бассейна реки Печора. 2011. Коллектив авторов: Захаров А. Б., Лоскутова О. А., Фефилова Е. Б., Хохлова Л. Г., Шубин Ю. П. Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН. 268 с.
- Тарзвелл К. М. 1979. Краткая история исследования загрязнения воды в США. В кн.: Влияние загрязняющих веществ на гидробионтов и экосистемы водоемов: Материалы двух советско-американских симпозиумов. Л.: Наука. 17—39.
- Шульман С. С., Малахова Р. П., Рыбак В. Ф. 1974. Сравнительно-экологический анализ паразитов рыб озер Карелии. Л.: Наука. 108 с.
- Юнчис О. Н., Стрелков Ю. А. 1997. Паразиты рыб как индикаторы состояния водной среды. Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 321: 111—117.
- Holmes J. C. 1961. Effects of concurrent infections on *Hymenolepis diminuta* (Cestoda) and *Moniliformis dubius* (Acanthocephala). I. General effects and comparison with crowding. Journal of Parasitology. 47: 209—216.
- Holmes J. C. 1990. Helminth communities in marine fishes. Parasite communities: Pattern and Processes (eds G. W. Esch, A. O. Bush, J. M. Aho). London: Chapman and Hall. 101—130.
- Holmes J. C., Price P. W. 1980. Parasite communities: the roles of phylogeny and ecology. Systematic Zoology. 29: 203—213.
- Holmes J. C., Price P. W. 1986. Communities of parasites. In book: Community ecology: patterns and processes. Blackwell Scientific. Oxford, England. 186—213.
- Kennedy C. R. 1997. Long-term and seasonal changes in composition and richness of intestinal helminth communities in eels *Anguilla anguilla* of a isolated English river. Folia Parasitologica. 44: 267—273.

- Lewis J. W., Hoole D., Chappell L. H. 2003. Parasitism and environmental pollution: parasites and hosts as indicators of water quality. *Parasitology*. 126: 1—3.
- Pianka E. R. V. 1970. On r- and K-selection. *The American Naturalist*. 104: 592—597.
- Revenga C., Mock G. 2000. Freshwater Biodiversity in Crisis. Adapted from PAGE: Freshwater Systems 2000 and World Resources 1998—99. World Resources Institute. <http://earthtrends.wri.org/pdf>
- Revenga C., Campbell I., Abell R., De Villiers P., Bryer M. 2005. Prospects for monitoring freshwater ecosystems towards the 2010 targets. *Philosophical Transactions of the Royal Society (of London series) B-(Biological sciences)*. 360: 397—413.
- Smolenski M. 2001. The environmental evaluation by synecological zooindication — a proposal of the method based on epigeic invertebrate communities. *Fragmenta faunistica*. 44 (2): 251—268.
- Sures B. 2004. Environmental parasitology: relevancy of parasites in monitoring environmental pollution. *Trends in Parasitology*. 20: 170—177.
- Warwick R. M. 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Biology*. 92 (4): 557—562.
- Williams H. H., MacKenzie K. 2003. Marine parasites as pollution indicators: an update. *Parasitology*. 126: 27—41.

PARASITE FAUNA AND STRUCTURE OF PARASITE COMPONENT  
COMMUNITIES IN THE MINNOW *PHOXINUS PHOXINUS* (LINNAEUS, 1758)  
IN AN OIL POLLUTED WATERSTREAM

G. N. Dorovskikh, V. G. Stepanov

*Key words:* fish, minnow, parasites, parasite fauna, component communities, *Phoxinus phoxinus*.

SUMMARY

In June 1992 and July 1996, 238 minnow specimens of the 2+—3+ age were collected from 5 parts of the Kolva River and studied using the standard technique of the general parasitological dissection. Comparative analysis of parasite fauna and the structure of component parasite communities in the minnow from ecologically safe and variably polluted parts of the river was performed. The analysis had demonstrated that the increase in the water pollution by domestic wastewater, washings of fertilizers from agricultural fields and private country houses, cattle farm drains (Dorovskikh et al., 2005, 2008), and oil results in the change of dominant parasite species of the minnow, alteration of the sum of errors in the regression equation characterizing the spread of biomass values of the species forming the parasite community, changes in the «graphic» structure of the community, and alteration of the index  $D_E$ .

It is proved, that the high concentration of nutrients has a destructive effect on natural systems, and, at the same time, causes the process of self-organizing, leading to the alteration of the community structure. As soon as even a small part of nutrients is stopped to come into the reservoir, and the quality of environment is restored, the community restores its structure.